

令和元年6月17日現在

機関番号：32644

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16091

研究課題名（和文）一般化主成分分析に基づく適応画像修復法とその応用

研究課題名（英文）Adaptive image restoration method based on generalized principal component analysis and its application

研究代表者

高橋 智博 (Takahashi, Tomohiro)

東海大学・情報理工学部・助教

研究者番号：40756300

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では画像の任意の部分を欠落とみなし、その欠落部分を周囲の情報から復元する画像修復問題を扱い、一般化主成分分析に基づいた精度の高い画像修復手法の構築を目指した。研究期間内に実施した研究とその成果は、(1)スパース最適化を用いたモデル逸脱に頑健な画像修復アルゴリズムの提案、(2)一般化主成分分析を用いた信号修復法の提案の2点であり、(1)については査読付き論文1件が採択され、(2)については査読付き論文1件および2回の学会表彰を受け、高く評価されている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究のようにスイッチングモデルを仮定し、最適化によってモデルの推定、ピクセルとモデルの対応関係推定、欠損ピクセルの修復の3つを同時に行う手法は他に無く、この点に特色と独創性がある。本研究によって画像修復精度が向上し、商用写真加工の現場でのコスト軽減が期待される。また、本研究で確立されるいくつかの手法は、画像修復のみにとどまらず、信号修復理論一般へ波及すると考えられ、その点からも本テーマの意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：In this study, an image repair problem in which an arbitrary part of an image is regarded as a missing part and the missing part is restored from the information of the circumference was handled, and it aimed at the construction of an image repair technique with high accuracy based on the generalized principal component analysis. Research carried out during the study period and its results are (1) a proposal of an image repair algorithm that is robust to model deviation using sparse optimization, and (2) a proposal of a signal repair method using generalized principal component analysis. One peer-reviewed paper was adopted for (1), and one peer-reviewed paper and 2 conferences awards for (2) were highly evaluated.

研究分野：信号処理

キーワード：画像修復 信号復元 一般化主成分分析 ランク最小化 スパース最適化 スパースモデリング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

画像修復問題に対しては多くの修復アルゴリズムが提案されているが、近年、行列のランクを評価量としたアルゴリズムが注目されている。ペンシルバニア州立大学の Sznaier らはブロック周回 Hankel 行列のランクが画像を表す線形モデルのモデル次数（複雑さ）と等しいことに着目し、画像修復問題を先ほどの行列のランクを最小化する問題として定式化した。Sznaier らの方法では画像が単一のモデルで表せる事を仮定しているが、このモデリングは全ての画像に対して成り立つわけではない。

申請者は既に 2 次元の自己回帰モデルに従う画像を修復するための方法を提案している。この方法は Sznaier らの仮定したモデルと比べてより一般的なモデルを仮定し、そのモデルに対応する修復結果が Hankel-like 構造化行列のランク最小化によって得られることを明らかにしている。しかしながら、Sznaier らの方法と同様に単一のモデルを仮定していることから、画像の性質によってはモデルの信号表現能力が不足し、十分な修復精度が得られない場合がある。

2. 研究の目的

本研究では申請者が既に提案した方法を基礎として、従来よりも信号表現能力に優れたモデルを採用した新たな画像修復アルゴリズムを提案し、画像修復アルゴリズムの修復精度向上に寄与することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究はモデルからの逸脱を適切に分離し、別途処理することによって修復精度を向上させる研究(1)と一般化主成分分析を用いて 1 枚の画像を複数の異なるテクスチャの重ね合わせと見なして修復する研究(2)からなる。

まず(1)ではモデル化が容易なテクスチャ領域とモデル化が困難なエッジ等の領域に対して異なる基準で処理を行うことで復元精度の向上を目指した。まず、上記の目的を達成するためにモデル化誤差 d と画像の TV (total variation) ノルムを同時に最小化する方法は容易に着想される。しかし TV ノルムの最小化は周期的な変動を抑圧するため、単にモデル化誤差と TV ノルムの和を目的関数とした最小化問題を解いても、好ましい結果は得られない。そのため、本研究ではモデル化した際に生じるモデル化誤差が大きい部分に大きな重みを掛け合わせた重み付き TV ノルムを用いて、性質の異なる 2 つの領域を異なるアプローチで修復する方法を提案した。

次に(2)ではスイッチングモデルの考え方を導入した。スイッチングモデルとは 1 枚の画像を表現するために複数のモデルを用意し、画像の各部分ごとにそれぞれのモデルが切り替わることで画像を構成しているというものである。

しかし、画像修復問題においては画像の一部が失われた状態であることから、“それぞれのモデルの推定”、および“各ピクセルがどのモデルで表現されるかの推定”に加えて、“欠損した画素の推定”もあわせて行う必要があり、欠損した画素の推定結果は他の 2 点に影響をあたえる。そのためこの 3 点は同時最適化の枠組みで解く必要がある。

上記の枠組みを実現するために、一般化主成分分析の考え方を導入し、信号が欠損しているという本研究課題特有の条件を考慮するためにスパース最適化に基づくピクセルとモデルの対応関係推定精度改善をそれぞれ試みた。

4. 研究成果

研究(1)では従来の AR モデルに基づく方法や TV ノルム最小化に基づく方法と比較して同等の演算量でより高い修復精度を実現することができた。また、研究(2)では Hankel-like 構造化行列のランク最小化に基づく従来法と比較して、高精度な復元が行えることを確認した。



図 1: 一般化主成分分析に基づく画像修復結果 (左から観測画像, 従来法による修復, 提案法)

図 1 に画像修復の例を示す。画像上に文字が上書きされた状況で、黒で示された欠損領域は異なる複数のオブジェクトの境界にわたって存在しているが、各領域をそれぞれ異なるモデルで表現する提案手法は境界部分でばけることなく画像を修復できていることがわかる。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

1. R. Sasaki, K. Konishi, T. Takahashi, T. Furukawa, "Multiple Matrix Rank Minimization Approach to Audio Declipping," IEICE Transaction on Information and Systems (D), Vol.E101-D, No.3, pp.821-825, Mar. 2018.
2. 高橋智博, 中西正樹, 雨車和憲, 古川利博, "L1 ノルム最小解の外れ値頑健性を利用した繰り返し重みつけ画像修復法", 電子情報通信学会論文誌, Vol.J100-D, No.10, pp.897-901, Oct. 2017 .

〔学会発表〕(計 10 件)

1. T. Takahashi, K. Konishi, K. Uruma and T. Furukawa, "Multi resolution block Hankel matrices rank minimization based image inpainting," Proc. of RISP International Workshop on NCSP, 2019.
2. R. Sasaki, K. Konishi, T. Takahashi, T. Furukawa, "Low-Rank and Locally Linear Embedding Approach to Image Inpainting," Proc. of IEEE VCIP, 2018.
3. 佐々木 亮平, 小西 克巳, 高橋 智博, 古川 利博, "非線形な構造を持つ行列完成問題の特異値推定に基づく解法," 第 30 回回路とシステムワークショップ, No.1045, 2017.
4. 佐々木亮平, 小西克巳, 雨車和憲, 高橋智博, 古川利博, "行列ランク最小化とスパース正則化を用いた複数の部分空間同定に基づく行列完成手法の提案", 32nd SIP シンポジウム, 2017 年 11 月 .
5. T. Takahashi, K. Konishi, K. Uruma and T. Furukawa, "Subspace clustering and multiple matrix rank minimization approach to image inpainting algorithm," Proc. of SICE annual conference, 2017.
6. 佐々木亮平, 高橋智博, 小西克巳, 古川利博, "一般化主成分分析に基づく Switched AR モデル同定手法と音声修復への応用," 第 59 回自動制御連合会, 2016 .
7. 佐々木亮平, 高橋智博, 小西克巳, 古川利博, "行列ランク最小化に基づく一般化主成分分析手法による音声修復手法," 第 31 回信号処理シンポジウム, 2016 .
8. T. Takahashi, K. Konishi, K. Uruma, T. Furukawa, "Adaptive image inpainting algorithm based on generalized principal component analysis," Proc. of IEEE IVMSIP, pp. 1-5, 2016.
9. 佐々木 亮平, 高橋 智博, 小西 克巳, 古川 利博, "繰り返し核ノルム最小化を用いたクリッピングノイズ除去," 第 29 回 回路とシステムワークショップ, pp. 90-91, 2016.
10. 高橋智博, 小西克巳, 雨車和憲, 古川利博, "スパース正則化と一般化主成分分析に基づく適応画像修復," 第 29 回 回路とシステムワークショップ, pp. 342-346, 2016.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。